

Method and circuit arrangement for generating a position-independent object signature

Patent number: DE3234608
Publication date: 1984-03-22
Inventor: KRAFT HANS RAINER DR ING (DE); GOECKEN
KLAUS ING GRAD (DE); RODDE KARL-WALTER ING
GRAD (DE)
Applicant: KRAFT HANS RAINER DR ING (DE)
Classification:
- **International:** G06K9/70
- **European:** G06K9/46B
Application number: DE19823234608 19820916
Priority number(s): DE19823234608 19820916

Report a data error here

Abstract of DE3234608

The method of functioning and its circuit implementation enables a position-independent object signature to be formed. The formation of such a signature significantly simplifies and accelerates the position-invariant classification of two-dimensional objects (industrial pattern recognition). The invention is based on the formation of a structure-specific data string (object signature) which is independent of position and orientation. The hardware implementation is effected with the aid of an image processing processor which contains the logic operations (dyadic operators) suitable for the digital computation. The separated object is split into an object-characteristic data string (object signature) independently of its instantaneous position via dyadic operations by a set of translation- and rotation-invariant decomposition functions. Part 2 of the system, the segment area correlator, is a specific correlation circuit which correlates the generated object signature by hardware means, that is to say at high speed by direct comparison of the "unknown" pattern in all possible positions with each reference element. The advantage of the structure according to the invention lies in the simplicity of the methods used, that is to say in simple operations suitable for digital computation.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



DEUTSCHES
PATENTAMT

- 21 Aktenzeichen: P 32 34 608.5
22 Anmeldetag: 18. 9. 82
43 Offenlegungstag: 22. 3. 84

DE 32 34 608 A 1

71 Anmelder:

Kraft, Hans Rainer, Dr.-Ing., 1000 Berlin, DE

72 Erfinder:

Kraft, Hans Rainer, Dr.-Ing.; Göcken, Klaus,
Ing.(grad.); Rodde, Karl-Walter, Ing.(grad.), 1000
Berlin, DE

56 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-OS 27 49 682
DE-OS 27 48 604
DE-OS 19 25 428

US-Z: IEEE Transactions on Computers, Vol.25,
Januar 1976, S.66-78;

Patentamt

54 Verfahren und Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer lageunabhängigen Objektsignatur

Die Funktionsweise und deren schaltungstechnische Realisierung ermöglicht die Bildung einer lageunabhängigen Objektsignatur. Die Bildung einer solchen Signatur vereinfacht bzw. beschleunigt die lageinvariante Klassifikation zweidimensionaler Objekte wesentlich (industrielle Mustererkennung). Der Erfindung liegt die Bildung eines strukturspezifischen, von Lage und Orientierung unabhängigen Datenstrings (Objektsignatur) zugrunde. Die gerätetechnische Realisierung erfolgt mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprozessors, der die für die digitale Berechnung geeigneten Verknüpfungsoperationen (dyadische Operatoren) enthält. Durch einen Satz von translations-, und rotationsinvarianten Zerlegungsfunktionen wird das separierte Objekt über dyadische Operationen unabhängig von seiner momentanen Lage in einen objektcharakteristischen Datenstring (Objektsignatur) zerlegt. Teil 2 des Systems, der Segmentflächen-Korrelator, ist eine spezifische Korrelationsschaltung, die die erzeugte Objektsignatur hardwaremäßig, d. h. mit hoher Geschwindigkeit durch direkten Vergleich des unbekannten Musters in allen möglichen Lagen mit jedem Referenzelement korreliert. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Aufbaus liegt in der Einfachheit der Methodik, d. h. in einfachen für die digitale Berechnung geeigneten Operationen.

DE 32 34 608 A 1

Verfahren und Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer
lageunabhängigen Objektsignatur

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren und Schaltungsanordnung zur Bildung einer
lageunabhängigen Objektsignatur, bestehend aus einem Bild-
verarbeitungsprozessor mit mehreren Binärbildspeichern. Die
Binärbildspeicher können auch Bildebenen der Grauwertspei-
cher sein, die die separierten Bildobjekte oder künstlich
generierten Verknüpfungsobjekte in binärer Flächen- oder
Kantendarstellung aufnehmen. Durch die Anwendung dyadischer
Operationen auf zwei Bildebenen (arithmetische oder logische
Zusammenfassung zweier Einheiten) wird eine lageunabhängige
Objektsignatur derart erzeugt, daß das separierte Bildobjekt
mit bestimmten Zerlegungsfunktionen (künstliche Objekte)
zerlegt wird und das Zerlegungsprodukt in eine numerische
Form gebracht wird. Die Folge dieser numerischen Daten er-
gibt die Objektsignatur in Form eines Datenstrings. Dieser
rotationsfähige Datenstring wird dann mit einem Referenz-
datenstring in einem Hardwarekorrelator korreliert.
2. Das Verfahren und die Schaltungsanordnung ist dadurch
gekennzeichnet, daß durch eine erste Einrichtung (Bildver-
arbeitungsprozessor) ein separiertes binäres Objektflächen-
bild (Bildobjekt) dyadisch mit gespeicherten binären Flä-
chenfunktionen (künstliche Objekte) verknüpft wird. Die
künstlichen Objekte werden aus einem Netz von Daten ge-
bildet, dem die Kreisringe und Kreisausschnitte (Bild 1)
zur Zerlegung entnommen werden. Die Verknüpfung des se-
parierten Objektes mit diesen Funktionen ergibt eine ob-
jektcharakteristische Signatur bestehend aus einer Folge der
Flächenwerte der Kreisringverknüpfung (zonale Daten) und der
Folge der Flächenwerte aus der Verknüpfung mit dem Kreis-
ausschnitt (sektorale Daten)

Durch eine zweite Schaltungsanordnung, dem sogenannten Segmentflächen-Korrelator (SFK) mit mehreren Referenzspeichern, einem Prüflingsspeicher und den erforderlichen Steuer- und arithmetisch logischen Einheiten, wird die "unbekannte" Objektsignatur mit den Referenzsignaturen korreliert. Die Korrelation erfolgt in zwei Stufen. Auf der ersten Stufe werden die zonalen Daten korreliert (Objektvorklassifikation). Da der Datensatz einen wesentlich geringeren Umfang hat, erfolgt die Einstufung sehr schnell (im μ s. Bereich). Die Vorklassifikation scheidet alle Referenzobjekte aus, deren Korrelationswerte eine bestimmte vorzugebende Grenze übersteigen. Meist bleiben für die zweite Stufe der sektoralen Korrelation nur noch ein oder zwei Referenzen übrig. In dieser zweiten Stufe erfolgt die Identifikation mit großer Korrelationschärfe sowie die Drehlagenbestimmung.

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Identifikation und Drehlagenbestimmung eines datenmäßig separierten Objektes. Für eine schnelle digitale Bildmustererkennung (Werkstücke) muß das Erkennungsproblem einschließlich der Lageermittlung mit schnellen Algorithmen in Spezialrechnern ausgeführt werden. Die Ermittlung der Drehlage eines Objektes erweist sich im Gegensatz zur Erfassung einer translatorischen Abweichung als sehr schwieriges gerätetechnisch zu lösendes Problem. Zur Generierung strukturspezifischer Merkmale unabhängig von Position und Lage bzw. Orientierung sind folgende Verfahren bekannt:

- Berechnung der Flächenträgheitsmomente,
- korrelative Verfahren und
- polare Kodierung.

Ein bekanntes Verfahren zur Drehlagenbestimmung basiert auf der Ermittlung von Kreis-Werkstückkonturschnittpunkten (Deutsche Patentanmeldung P 2544 544.7). Ein anderes Verfahren ermittelt den Drehwinkel über die Messung der Fläche F und der Hauptträgheitsmomente /1/. Die Verwendung von Trägheitsmomenten führt bei symmetrischen Objekten zu Schwierigkeiten, da deren Hauptachsenträgheitsmomente identisch werden. Eine Veröffentlichung /1/ beschreibt eine polare Kodierung mittels Kreisabtastung, die wesentlich störunempfindlicher ist. Trotz der Hardwarerealisierung des Verfahrens beträgt die Zeit für eine Objektdrehlagenbestimmung 100 ms und die der Lernphase ist mit 25 Sekunden anzusetzen. Eine Patentanmeldung mit der Nummer P 25 42 904.3 zeigt einen Ansatz zur Zentrierung eines einzelnen Musters und nachfolgendem schnellen Vergleich im umlaufenden Register bei Polarkoordinaten-Abtastung auf.

Durch Hardwareentwicklungsarbeiten an einem Bildverarbeitungsprozessor ergab sich die folgende Möglichkeit von lageinvarianten Transformationen mit einfach zu realisierenden dyadischen Operationen. Sie bilden das wesentliche Merkmal unserer Erfindung.

Für die Musterklassifikation muß ein unbekanntes Muster, welches innerhalb des Bildfeldes verschoben und gedreht sein kann, in eine lageinvariante objektcharakteristische Struktur umgeformt werden. Für ein zweidimensionales Muster kann jede Objektbewegung über einen körperfesten Punkt beschrieben werden. Dieser körperfeste Punkt ist im vorliegenden Fall der Objektschwerpunkt (x_s, y_s) . Durch Verschiebung des ermittelten Objektschwerpunktes in den Muster-schwerpunkt des Datennetzes $r=0$ und durch die Anwendung zonaler und sektoraler dyadischer Operatoren als Verknüpfungselemente entsteht eine Folge von Einzelementen (Bild $1a+b$). Der Flächenwert eines Einzelementes ergibt eine Kenngröße $Fz_1 + Fz_2 + \dots + Fs_1 + Fs_2 + \dots$. Die Summe der Kenngrößen führt zu einem objektcharakteristischen Datenstring (Objektsignatur).

Aufgabe der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist es, die Objektsignatur zu generieren und über Vergleichsverfahren das Objekt zu spezifizieren sowie seine Drehlage in Bezug auf eine Referenz anzugeben.

Literatur:

1. Martini, G.; Nehr, G.: Recognition of angular orientation of objects with the help of optical sensors.
THE INDUSTRIAL ROBOT, Volume 6, No.2, June 1979. UK

Erfindungsgemäß wird dieses Verfahren mit der folgenden Schaltungsanordnung realisiert.

Der Bildverarbeitungsprozessor besteht aus folgenden Baugruppen:

1. Graubildspeicher,
2. 3 oder mehrere Binärbildspeicher
3. Mux/Demux-Einheit,
4. interner Adreßzähler,
5. x,y Bildbereichssteuerung (Fenster-VGL),
6. zentrales Steuerwerk mit ALU, 6 bit VGL und Flags,
7. Steuerwortregister,
8. Flächenzähler und
9. Sektorspeicher (Festwertspeicher im Speicherbereich des Verwaltungsrechners bzw. zusätzliche Speicher im Bildverarbeitungsprozessor)

Diese Baugruppen liefern dem Segmentflächen-Korrelator die Objektsignatur in Form eines Datenstrings. Der Datenstring setzt sich aus den zonalen und sektoralen Daten zusammen. Die Baugruppen des Segmentflächen-Korrelators sind:

1. Prüflingsspeicher,
2. Referenzspeicher,
3. Sektorzähler,
4. Winkelinkrementverschieber,
5. Subtrahierer (ALU),
6. Betragsbildner (ALU),
7. Betragssummierer (Korrelationszähler),
8. Referenzanwahl,
9. Steuerwerk und
10. Buskoppler.

Sie bilden eine Absolut-Differenzfunktion. Befindet sich das gesuchte Objekt in der richtigen Drehlage erreicht die Funktion ein absolutes Minimum.

Die Erfindung wird nachstehend über ein Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf das Blockschaltbild (Bild 2) näher beschrieben.

Blockschaltbild (Bild 2) gibt den erfindungsgemäßen Aufbau der Einrichtung wieder.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bildung der Objektsignatur wurde im Bildverarbeitungsprozessor implementiert. Zur Erläuterung der Funktion wird von einem separierten binären Objekt ausgegangen. Dieses Objekt kann in einem der binären Funktionsspeicher zur Verarbeitung bereitgestellt werden. Durch die Berechnung der Schwerpunktkoordinaten während des Separierungsvorgangs stehen diese Daten zur Verfügung. Aus Festwertspeichern werden nacheinander die zonalen und sektoralen Flächenfunktionen ausgelesen. Bei dieser Operation kann sowohl die Schwerpunktposition des Objekts korrigiert werden (Bildzentralposition) als auch die Flächenfunktion durch translatorische Verschiebung in die Objektposition gebracht werden. Das zentrale Steuerwerk faßt die beiden binären Bilder logisch zusammen (UND-Funktion) und bildet aus dem Ergebnis einen Flächenwert. Die Größe des Flächenwertes wird z.B. in einem Byte abgelegt. Nach Ausführung der zonalen Operation ist das Objekt zunächst in n Flächenwerte Fz kodiert. Die Funktion $Fzi..n$ kann bei einigen Objekten mehrdeutig (z.B. konkave Konturen) werden. In einer zweiten sektoralen Operation werden sektorale Daten erzeugt, wobei das Objekt mit den Kreisausschnitten eines $2n$ -Ecks nacheinander kodiert wird. Die Folge der sektoralen Flächenwerte $Fsi..n$ ergibt die Vergleichsdaten, die für eine scharfe Korrelation und Drehlagenberechnung erforderlich sind. In dem entwickelten System wurden 16 zonale Kreisringstücke und 128 sektorale Kreisausschnitte implementiert. Ein Objektdatenstring setzt sich damit in diesem System aus 144 Byte zusammen. Eine Winkelauflösung von $2,8^\circ$ wird dabei erreicht. Eine Erhöhung der Anzahl der sektoralen Kreisausschnitte verbessert die Winkelauflösung bis zum (Template Matching).

Der erzeugte Datenstring wird dem Segmentflächenkorrelator zugeführt.

Um eine Objektidentifikation vornehmen zu können, müssen zunächst die Referenzdaten erzeugt werden. Dazu wird das Objekt in Referenzlage dem System angeboten. Die Verarbeitungseinheit I erzeugt daraus den objektcharakteristischen Datenstring, der im Referenzspeicher der Einheit II abgelegt wird. Die Lernphase läuft dabei vollautomatisch ohne interaktiven Benutzereingriff ab.

In der Arbeitsphase wird der zu prüfende Datenstring in den Prüflingsspeicher eingeschrieben. Aus dem Prüf- und Referenzdatenstring bildet die Schaltungsanordnung zwischen den einzelnen Funktionswerten den Absolutwert der Differenz. Die Differenzbildung erfolgt durch Adresssierung des Speicherplatzes der einzelnen Flächenwerte im Prüflings- und Referenzspeicher über den Sektorzähler, wobei über eine Referenzanwahl die einzelnen Referenzen adressierbar sind. Der Winkelinkrementverschieber übernimmt die Aufgabe, ausgehend von einem Anfangswert den Referenzdatenstring nach jedem Durchgang um eine Position zu verschieben. Dies ergibt für die realisierte Schaltung eine Vergleichsdatenmenge von 18432 Byte. Bei dem verwendeten Systemtakt von 3 MHz wird eine Einzeloperation in 333 ns durchgeführt, d.h. die Bildung einer Objektdifferenzfunktion erfolgt in 5,4 ms. Eine Verkürzung dieser Zeit ist durch Verwendung schnellerer Logik (FAST-TTL) um den Faktor 10 möglich. Durch das parallele Betreiben mehrerer Einheiten des Segmentflächenkorrelators können mehrere Objektdifferenzfunktionen in dieser Zeit erzeugt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist damit nicht nur in der Einzelkorrelation von Objekten wesentlich schneller als bekannte Verfahren (Faktor 200); sondern durch den multiplen Einsatz der Grundeinheit können auch aus einer Vielzahl von Objekten mit hoher Geschwindigkeit einzelne Objekte herauskorreliert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren bildet damit die Grundlage für eine informationsorientierte Bildmustererkennung. Das im Patentantrag -Kraft vom 10.9.1982- angegebene Verfahren zur Erfassung eines ausgewählten Bildinformationsbereiches erhält nach einer schnellen Lokalisation (Vorklassifikation) der im Bildfeld enthaltenen Muster von diesem System die Grenzdaten (z.B. Konturkoordinaten), um sie dann eventuell mit einer höheren Auflösung erneut zu bearbeiten.

Nummer: 32 34 608
 Int. Cl.³: G 06 K 9/70
 Anmeldetag: 16. September 1982
 Offenlegungstag: 22. März 1984

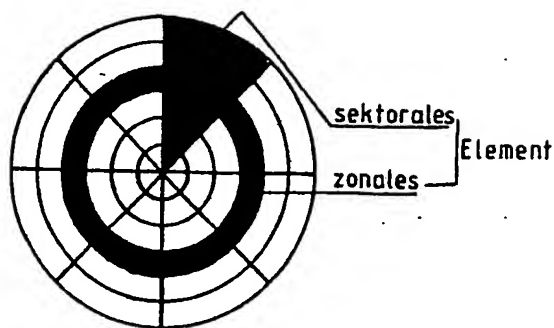
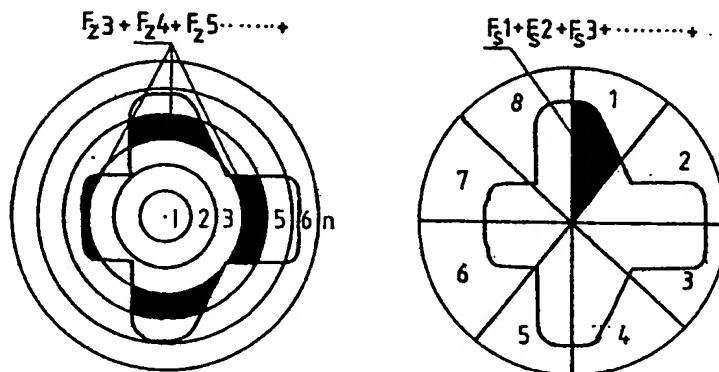


Bild 1 Zerlegungsfunktion



a) zonales Verknüpfungsprodukt b) sektorales Verknüpfungsprodukt

Bild 2

